

特開平5-74911

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 評価ディジタル集積回路の電源電圧および入力パルスの“H”レベル発生用電圧として印加するための直流オフセット付き正弦波電源と、前記評価ディジタル集積回路の入力に印加する入力パルスの“H”レベルが前記電源電圧の変化に比例して変化するパルスを発生する入力パターン発生回路と、前記評価ディジタル集積回路に流れる電流を測定する電流測定回路と、電源電流が設定値を越えた場合に入力パターンの送出を停止する入力パターン送出／停止制御回路と、前記評価ディジタル集積回路のチップ表面上に塗布された温度変化型液晶の微少発熱点を検出するための光学顕微鏡と、前記評価ディジタル集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に前記評価ディジタル集積回路の平均温度を設定するための温度制御装置とを備えたことを特徴とする集積回路の試験装置。

【請求項2】 評価ディジタル集積回路のチップ表面上に温度変化型液晶を塗布し、この評価ディジタル集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に前記評価ディジタル集積回路の平均温度を設定し、前記評価ディジタル集積回路に直流オフセット付き正弦波電圧を電源電圧として印加し、“H”レベルが前記電源電圧の変化に比例して変化するパルスを入力パターンとして印加し、前記電源の正弦波電圧を0Vあるいは0V近くまで低下させた場合に、前記評価ディジタル集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかを判定し、設定値を越えた場合に前記入力パターンの送出を停止し、次に、前記正弦波電圧を上昇させた後、設定値を越えた電源電流が流れていることによる前記評価ディジタル集積回路のチップ表面の微少発熱箇所を、液晶の光学的性質を利用して光学顕微鏡を用いて検出することを特徴とする集積回路の試験方法。

【請求項3】 評価ディジタル集積回路の電源電圧および入力パルスの“H”レベル発生用電圧として印加するための直流オフセット付き正弦波電源と、前記評価ディジタル集積回路の入力に印加する入力パルスの“H”レベルが前記電源電圧の変化に比例して変化するパルスを発生する入力パターン発生回路と、前記評価ディジタル集積回路に流れる電流を測定する電流測定回路と、電源電流が設定値を越えた場合に入力パターンの送出を停止する入力パターン送出／停止制御回路と、前記評価ディジタル集積回路の内部回路がスイッチングしている時間帯および動作時の直流的電流が流れている時間帯に前記入力パターンの停止を禁止する禁止パルス発生回路と、前記評価ディジタル集積回路のチップ表面上に塗布された温度変化型液晶の微少発熱点を検出するための光学顕微鏡と、前記評価ディジタル集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に前記評価ディジタル集積回路の平均温度を設定するための温度制御装置とを備えたことを特徴とする集積回路の試

験装置。

【請求項4】 評価ディジタル集積回路のチップ表面上に温度変化型液晶を塗布し、この評価ディジタル集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に前記評価ディジタル集積回路の平均温度を設定し、前記評価ディジタル集積回路に直流オフセット付き正弦波電圧を電源電圧として印加し、“H”レベルが前記電源電圧の変化に比例して変化するパルスを入力パターンとして印加し、前記電源の正弦波電圧を0Vあるいは0V近くまで低下させた場合に、前記評価ディジタル集積回路の内部回路がスイッチングしている時間帯および動作時の直流的電流が流れている時間帯を除いた時間帯において、前記評価ディジタル集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかを判定し、設定値を越えた場合に前記入力パターンの送出を停止し、次に、前記正弦波電圧を上昇させた後、設定値を越えた電源電流が流れていることによる前記評価ディジタル集積回路のチップ表面の微少発熱箇所を液晶の光学的性質を利用して光学顕微鏡を用いて検出することを特徴とする集積回路の試験方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ディジタル集積回路の故障解析、特性解析に用いる試験装置および試験方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、ディジタル集積回路のチップ表面上に温度変化型液晶を塗布してチップ表面の微少発熱点を検出する液晶解析方法がディジタル集積回路の故障解析、特性解析に用いられている。温度変化型の液晶は、転移温度を境にして光学的性質が急変する。偏光フィルタつきの顕微鏡を用いて上記の光学的性質の差異を識別することができる。光源側と接眼レンズ側2枚の偏光フィルタの偏光面が垂直になるように調節すると、転移温度以下では光を通し、転移温度以上では光を通さなくなる。このため、ディジタル集積回路のチップ上で発熱により転移温度以上の温度になっている部分は黒色になる。微少発熱を検出するには、ディジタル集積回路のチップの平均温度を液晶の転移温度の直前になるように制御する必要がある。このように温度を制御すると、ディジタル集積回路のチップ上の微少発熱点のみが転移温度を越えるために、この発熱点が黒色として検出できる。

【0003】 一般に、液晶解析において、ディジタル集積回路の電源端子には直流かあるいは直流オフセット付き低周波正弦波電圧が印加される。入力端子には電源電圧と同じ電圧か接地電圧が印加されるか、あるいはオープン状態にされる。直流オフセット付き正弦波電圧を用いたときは、電圧のピーク付近でのみ微少発熱点が転移温度を越えるように調整する。このようにすると、正弦波の周波数に応じて微少発熱点が黒変するため、発熱点

(3)

特開平5-74911

3

の検出が容易になる。

【0004】以上説明した従来の液晶解析では、ディジタル集積回路の入力端子に印加する電圧は電源電圧と同じか、接地電圧かあるいは電圧を印加せずオープン状態で解析を実施している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の方法では、ディジタル集積回路内部にショート箇所あるいはリーキ箇所等の発熱の原因となる箇所が含まれていても、その箇所に電圧が印加されるとは限らない。例えば、ディジタル集積回路内部のある回路のノードと接地端子間にリーキバスがあった場合に、そのノードが“H”レベルにならないとリーキ電流が流れないとため、微少発熱も生じない。このように、従来のディジタル集積回路のチップ上の微少発熱点を検出する液晶解析では、ディジタル集積回路の入力端子が、電源電圧か接地電圧あるいはオープン状態で解析を実施していたため、リーキ箇所、ショート箇所等の異常箇所が含まれていても、それらの異常箇所に電圧が印加されるとは限らないため、微少発熱が検出できなかった。

【0006】本発明は、上記の欠点を改善するために提案されたもので、その目的は、ディジタル集積回路内部のリーキ箇所、ショート箇所等の異常箇所の検出率を向上させる試験装置および試験方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明にかかる集積回路の試験装置の請求項1に記載の発明は、評価ディジタル集積回路（以下、単に評価集積回路という）の電源電圧および入力パルスの“H”レベル発生用電圧として印加するための直流オフセット付き正弦波電源と、評価集積回路の入力に印加する入力パルスの“H”レベルが電源電圧の変化に比例して変化するパルスを発生する入力パターン発生回路と、評価集積回路に流れる電流を測定する電流測定回路と、電源電流が設定値を越えた場合に入力パターンの送出を停止する入力パターン送出／停止制御回路と、評価集積回路のチップ表面に塗布された温度変化型液晶の微少発熱点を検出するための光学顕微鏡と、評価集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に評価集積回路の平均温度を設定するための温度制御装置とを備えたものである。

【0008】また、請求項2に記載の発明は、評価集積回路のチップ表面に温度変化型液晶を塗布し、この評価集積回路のチップに塗布した液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に評価集積回路の平均温度を設定し、評価集積回路に直流オフセット付き正弦波電圧を電源電圧として印加し、“H”レベルが電源電圧の変化に比例して変化するパルスを入力パターンとして印加し、電源の正弦波電圧を0Vあるいは0V近くまで低下

4

させてた場合に、評価集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかを判定し、設定値を越えた場合に入力パターンの送出を停止し、次に、正弦波電圧を上昇させた後、設定値を越えた電源電流が流れていることによる評価集積回路のチップ表面の微少発熱箇所を、液晶の光学的性質を利用して光学顕微鏡を用いて検出するようとしたものである。

【0009】さらに、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、評価集積回路の内部回路がスイッチングしている時間帯および動作時の直流通電流が流れている時間帯に入力パターンの停止を禁止する禁止パルス発生回路を設けたものである。

【0010】また、請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、評価集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかの判定を、評価集積回路の内部回路がスイッチングしている時間帯および動作時の直流通電流が流れている時間帯を除いた時間帯に行うようとしたものである。

【0011】

【作用】評価集積回路のチップ上のリーキ箇所、ショート箇所等で発熱を生じている場合は、温度変化型の液晶を用いて発熱箇所を特定する方法は非常に検出感度の高い手段である。ただし、評価集積回路に電源電圧、入力電圧を印加しただけではリーキ箇所、ショート箇所に電圧が印加されて発熱を生ずるとは限らない。例えばある回路のノードと接地端子間にリーキバスがあった場合には、そのノードが“H”レベルのときにリーキ電流が流れる。ある回路のノードと電源端子間にリーキバスがあった場合には、そのノードが“L”レベルのときにリーキ電流が流れる。

【0012】評価集積回路内部の各ノードを順次“H”および“L”に設定して電源電流の増加の有無をチェックすれば、そのノードにリーキ箇所あるいはショート箇所が内在しているか否かがチェックできる。評価集積回路内部のすべてのノードを1回以上“H”および“L”に設定するには、評価集積回路に機能試験で使用する入力パターンを評価集積回路の全入力端子に入力することにより達成できる。入力パターンが変化する1サイクル毎に電源電流の増加を監視し、増加した時点で入力パターンの送出を停止すれば、電源電流が増加した状態を保持することができる。この状態で、液晶解析を実施すれば、電源電流が流れることによって発熱を生じている箇所を特定することができる。

【0013】なお、検出した発熱箇所がリーキ箇所、ショート箇所と必ずしも一致しない場合があり注意を要する。例えば評価集積回路内部にショート箇所があった場合、そのショート箇所を通してトランジスタ等に大電流が流れる場合がある。このような場合、ショート箇所はトランジスタより電圧降下が小さいため発熱が小さく、トランジスタでの発熱が大きくなる。液晶解析を実施す

50

(4)

特開平5-74911

5

るとトランジスタの発熱が検出され、ショート箇所の発熱は検出されない。このため、発熱箇所を特定した後、回路動作の面から真の故障原因を解明する必要がある。

【0014】本発明の請求項1、2記載の発明は、評価集積回路に入力パターンを入力し、同時に電源電流の増加を監視し、異常に電源電流が増加した点で入力パターンの送出を停止し、微小発熱状態を評価集積回路に塗布した液晶の光学的変化から検出する。

【0015】また、本発明の請求項3、4記載の発明は、前述した請求項1、2記載の発明において、評価集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかの判定を行うのに、評価集積回路の内部回路のスイッチングしている時間帯や動作時の直流通電流が流れている時間帯を避けることにより、より正確な判定を行う。

【0016】以下、実施例により本発明を詳細に説明する。

【0017】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例を説明するためのブロック図である。同図の評価集積回路100は、温度変化型の液晶がチップ表面に塗布された集積回路である。直流オフセット付き正弦波電源1は、評価集積回路100の電源端子に印加する電源電圧用の電源で、同時に入力パターン発生回路2から送出されるパルスの

“H”レベル用電源としても使用される。電流測定回路3は、あらかじめ設定された設定電流値を越える電源電流が流れた場合、入力パターン送出/停止制御回路4へ電流設定値を越えたことの信号を送る。つぎに、入力パターン送出/停止制御回路4は、入力パターンの送出を停止する信号を入力パターン発生回路2へ入力する。図1の温度制御装置5は、評価集積回路100のチップの平均温度を液晶の光学的性質が変化する転移温度の直前の温度に制御する装置である。光学顕微鏡6は、液晶の光学的性質の変化を利用して、評価集積回路100の微少発熱の検出に使用する。

【0018】直流オフセット付き正弦波電源1の出力波形を図3に示す。直流オフセット電圧は $V_{o..}$ 。正弦波電圧は $V_p \cdot \sin \omega t$ で、電源の出力 $V_{o..}$ はそれが加算されて、 $V_{o..} = V_{o..} + V_p \cdot \sin \omega t$ となる。この電圧が評価集積回路100の電源および入力パターン発生回路2から送出されるパルスの“H”レベル用電源として使用される。

【0019】直流オフセット付き正弦波電源1、評価集積回路100への電源供給および入力パターン発生回路2から送出されるパルスの“H”レベル発生回路の一例を図4に示す。パルス出力回路2'は、入力パターン発生回路2の中の1個のパルスの出力回路の例である。このようなパルス出力回路2'は、評価集積回路100の入力数だけ設けられる。このパルス出力回路2'の中のインバータ回路INVには $V_{..}$ とは異なる電源電圧 V_{cc} が印加される。なお、Qはトランジスタ、Rは抵抗器で

6

ある。この例では、評価集積回路100に印加される入力パルスの“H”レベルは評価集積回路100に印加される電源電圧 $V_{..}$ にほぼ等しくなる。

【0020】電源電圧を大幅に変化させる場合に、入力の“H”レベルの電圧を固定してしまうと、電源電圧より入力電圧の“H”レベルが高くなると評価集積回路100の入力回路が損傷を受ける場合があり、電源電圧より“H”レベルが大幅に低くなると評価集積回路100の入力回路が正常に動作しない場合がある。このため、入力電圧の“H”レベルは図4に示したように電源電圧 $V_{..}$ に追従して変化させている。

【0021】次に、図1のブロック図に従って、試験方法の手順を説明する。温度制御装置5、光学顕微鏡6は、評価集積回路100のチップ表面の微少発熱を検出できる状態に設定しておく。次に、直流オフセット付き正弦波電源1の正弦波電圧を0Vから0V付近に設定し、直流オフセット電圧 $V_{o..}$ のみを評価集積回路100およびパルス出力回路2'に印加する。この状態で、集積回路用入力パターンを評価集積回路100に印加し、電流測定回路3を動作させる。電流測定回路3が設定電流値を越えたことを判定すると、自動的に入力パターンの送出が停止し、評価集積回路100に設定電流値を越えた電流が流れている状態が保持される。入力パターンの送出が停止した状態で、直流オフセット付き正弦波電源1の正弦波電圧を上昇させ、液晶評価による評価集積回路100のチップ表面の微少発熱の検出を開始する。

【0022】図2は本発明の第2の実施例を説明するためのブロック図である。図1との違いは、禁止パルス発生回路7を追加した点である。図1の電流測定回路3に流れれる電流には、リーコ箇所、ショート箇所に流れれる異常電流の他に、評価集積回路100がスイッチングするときのスイッチング電流が含まれ、さらに、評価集積回路100によっては動作時の直流通電流も含まれる。このため、検出したいリーコ電流の値が小さい場合は、上記のスイッチング電流、あるいは動作時の直流通電流に埋もれて検出できなくなる。図2の禁止パルス発生回路7は、上記のスイッチング電流、動作時の直流通電流の影響を除外する回路である。図5に禁止パルスの波形の一例を示す。この図で、Tは入力パターンのサイクルタイム、Dは入力パターンの停止を禁止する時間帯あるいは電流測定を禁止する時間帯、Eは入力パターン停止可能時間帯あるいは電流測定時間帯である。図2の入力パターン発生回路2で発生する入力パルスの遅延時間、パルス幅を調整することにより、図5のEの時間帯には評価集積回路100にスイッチング電流および動作時の直流通電流が流れないような範囲に設定する。

【0023】なお、評価集積回路100の内部回路のスイッチング動作は比較的短時間に終了するため、スイッチング電流の流れている時間帯も短い。このため、スイッチング電流の流れない時間帯を抽出することは容易である。

(5)

特開平5-74911

7

8

る。

【0024】図2の禁止パルス発生回路7の出力である禁止パルスは、入力パターンの停止を禁止する場合は、図2の経路Aで入力パターン送出／停止制御回路4へ入力し、電源電流測定を禁止する場合は経路Bで電流測定回路3へ入力する。いずれの入力方法でも効果は同じである。

【0025】以上のような構成にすると、スイッチング電流、動作時の直流通電流の影響を受けず、電流測定回路を動作させることができる。

【0026】

【発明の効果】本発明にかかる請求項1、2に記載の発明は、評価集積回路に入力パターンを入力し、同時に電源電流の増加を監視し、異常に電源電流が増加した点で入力パターンの送出を停止し、微小発熱状態を評価集積回路に塗布した液晶の光学的変化から検出するようにしたので、評価集積回路内部にリード箇所、ショート箇所等の異常箇所を内在する場合、その異常箇所に電流が流れれる状態に評価集積回路の内部状態を固定することができるため、液晶による発熱箇所の検出が容易となり、集積回路の故障解析、特性解析に利用できる。

【0027】さらに、請求項3、4に記載の発明は、前述した請求項1、2記載の発明において、評価集積回路に流れる電源電流が設定値を越えているかどうかの判定を行うのに、評価集積回路の内部回路のスイッチングしている時間帯や動作時の直流通電流が流れている時間帯を避けるようにしたので、スイッチング電流、動作時の直流通電流の影響を受けずに、電流測定を行うことができる。

* きる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施例の構成を示すブロック図である。

【図3】図1、図2の直流オフセット付き正弦波電源の出力電圧波形を示す図である。

【図4】直流オフセット付き正弦波電源、評価集積回路への電源供給および入力パターン発生回路の一例を示す図である。

【図5】図2の禁止パルス発生回路の出力波形を示す図である。

【符号の説明】

1 直流オフセット付き正弦波電源

2 入力パターン発生回路

3 電流測定回路

4 入力パターン送出／停止制御回路

5 溫度制御装置

6 光学顕微鏡

7 禁止パルス発生回路

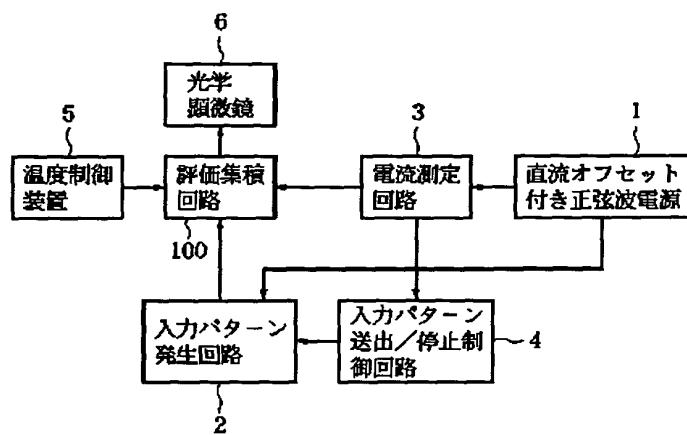
100 評価デジタル集積回路

T 入力パターンのサイクルタイム

D 入力パターンの停止を禁止する時間帯あるいは電流測定を禁止する時間帯

E 入力パターン停止可能時間帯あるいは電流測定時間帯

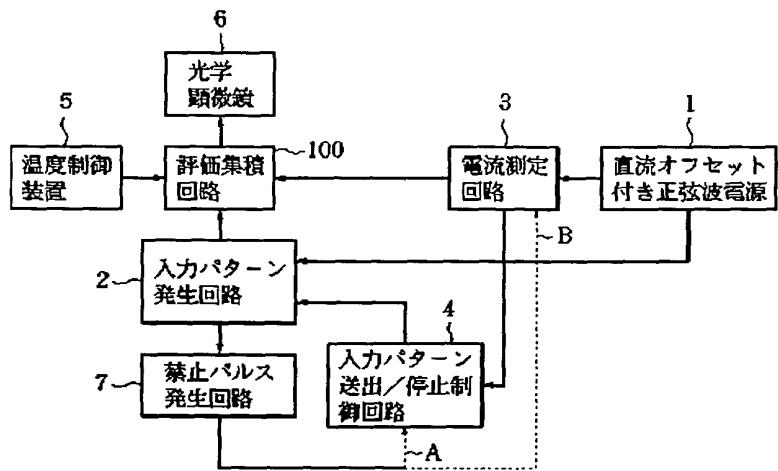
【図1】



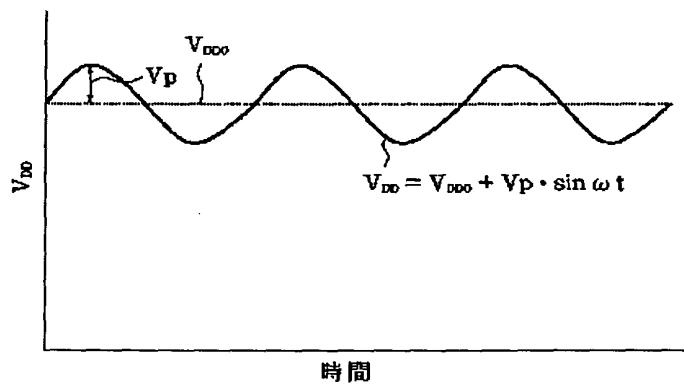
(6)

特開平5-74911

[図2]



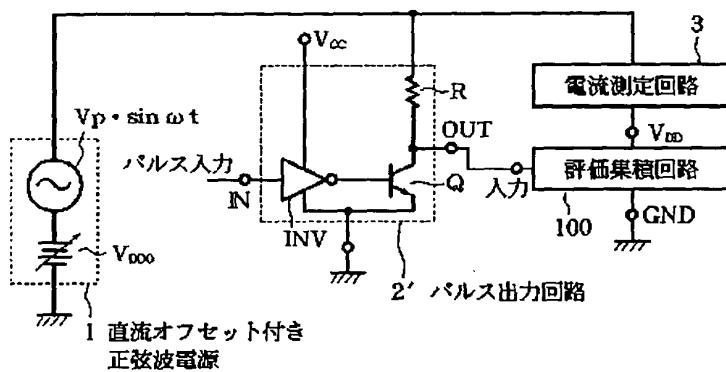
[図3]



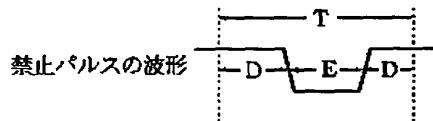
(7)

特開平5-74911

【図4】



【図5】



T : 入力パターンのサイクルタイム
 D : 入力パターンの停止を禁止する時間帯
 あるいは電流測定を禁止する時間帯
 E : 入力パターン停止可能時間帯あるいは
 電流測定時間帯